

# The Design of the Compact Circulation Acceleration Ring (CC Ring) for FEL.

Toshiyuki HATTORI, Yosuke TAKAHASHI, Hideshi MUTO, Arihiro OKAMOTO,  
Yasuyuki ISHII, Masahiro OKAMURA and Takehide HIRATA

Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology

## ABSTRACT

Recently the third generation large SR-ring for insertion light devices have been designed in the main countries. So we designed the CC Ring (Compact Circulation Ring) for only FEL as the fourth generation SR, then we will be able to make its parameters variable and enhance its performance.

## FEL専用小型電子蓄積、加速リング (CC Ring) の設計

### 1. はじめに

第3世代の多数の光デバイス挿入型の大型SRリングが世界主要先進国で計画され、またデザイン研究も行われている。これを更に進めて、1~2種類の光デバイス(例えばチューナブル自由電子レーザーなど)専用の小型リングではリング全体を発光デバイスと考えられ、このことにより電子のエネルギー、リングの軌道パラメータさえも独自に変えることができ、より高性能化することができるだろう。これを第4世代のSRと位置づけ、チューナブル自由電子レーザー専用の小型蓄積、加速リング(FEL CC Ring)を設計した。

一方、入射器としてマイクロトンや線形加速器が考えられるが、現在では10~15mの長さを必要とし、小型リングよりも2~3倍大きな規模となり実用的ではないことになるだろう。しかしJLCに取り組んでいるKEKや阪大産研の高電界加速型電子ライナックの完成などにより、数年の内に入射器の問題も解決するであろう。CCリングの平面図を下に示す。

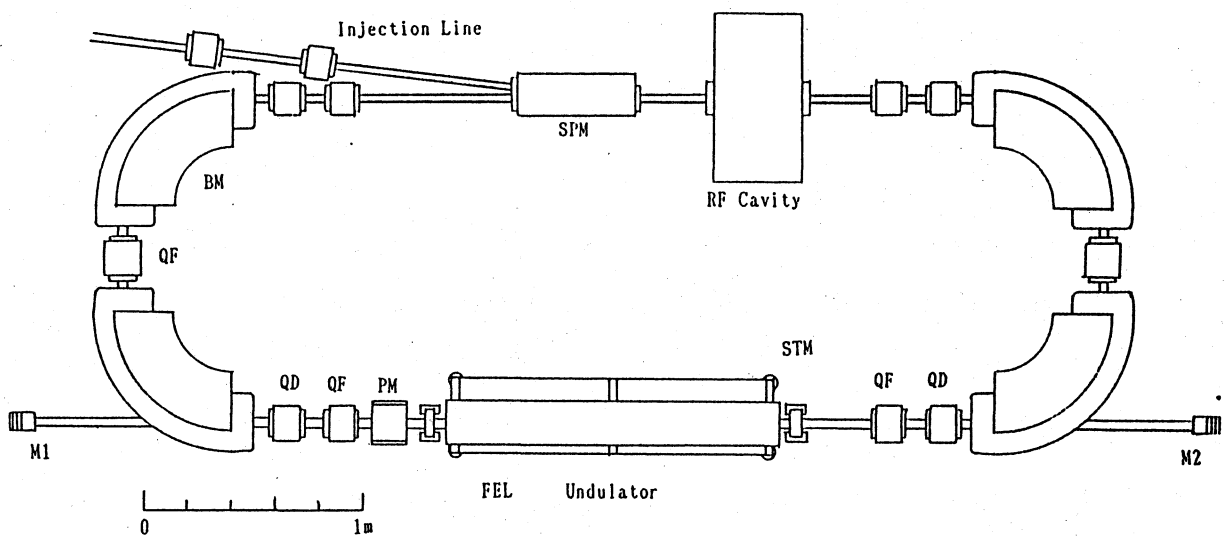


図 1 FEL-CCリングの平面図

## 2. FEL専用小型リング (FEL-CCリング) の特徴と基本設計

小型のチューナブル自由電子レーザー装置は大学のような、小規模で遠赤外から可視、紫外までの波長を必要とするレーザー研究に適している。FEL-CCリングによるチューナブルFELを考えると、アンジュレーター磁場の変化、電子エネルギーの変化によりレーザー波長を変えることが可能なので、電子エネルギーはそれほど変化する必要はなく、チューナブルで小型のレーザー光源となりうる。

FEL-CCリングの特徴を挙げれば(1)電子のエネルギーを変えることで高速に波長可変である。(2)リング中の収束四重極電磁石の電流強度変化でレーザー光源の強弱、大きさが高速で可変である。(3)一般的FELと同じくアンジュレーターギャップを変えることで波長が可変である。(4)入射線形加速器として電子ビーム幅100~150nsで数Hzのパルス電子ライナックからのビームでもCCリング中でビームのクオリティやビーム強度を上げることができる。以上の様なことを考慮してCCリングの基本設計は

- (1) FELアンジュレーター挿入用の長い直線部を持つ。
- (2) アンジュレーターの長さによって直線部の長さを変えても基本的シンクロトロンラティスは変わらない。
- (3) 直線部は運動量分散なしでダブルアクロマを満足する。
- (4) 直線部ではビーム径が収束している。
- (5) CCリング系の運動量分散を減らして入射電子エミッタンス、エネルギーの広がりを小さくするラティスとする。
- (6) コンパクトである等である。

## 3. リング設計とラティス

基本設計に基づいて、リングの設計、ラティスのデザインを行った。その設計項目を箇条書に述べる。

(1) 入射電子のダンピング、CCリングのコンパクトさを考えて、入射エネルギーを150MeV、磁石半径0.5m、磁場1Tとする。

(2) 最大加速エネルギーは常伝導で1.7Tで250MeVとする。(超伝導コイルにより4T、600MeVも可能であろう)

(3) CCリングのコンパクト化をするため、細長いレーストラック型としFEL挿入部は運動量分散をゼロのダブル・アクロアラティスにする。

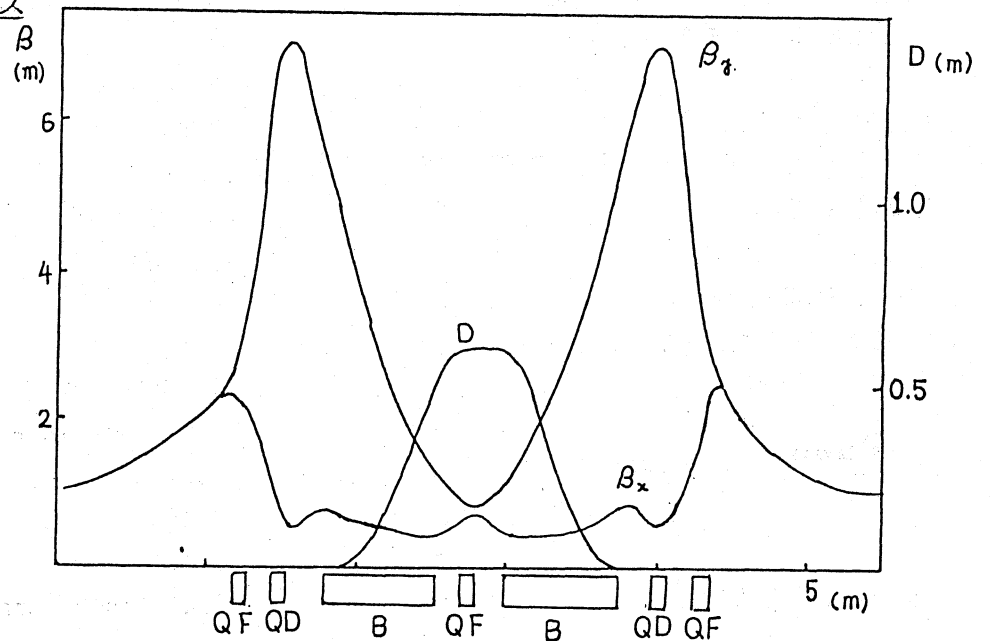


図 2 半周の軌道パラメータ

(4) 偏向部は2台の $90^\circ$  偏向、 $n$ 値=0の磁石と分散調節用の1台の四重極磁石によるチャスマン・グリーン(C-G)ラティスを採用する。

(5) FEL挿入用の長い直線部を設け4台の四重極電磁石の調整により電子ビームの収束を変化させることが可能で、また直線部長を変えても基本ラティスは変えなくてもよいように、 $\nu_x$ 、 $\nu_y$ が可変である。C-Gラティスの四重極電磁石とは機能を分離している。

(6) 加速空洞の制作等を考慮してRFのハーモニクスを $h=4$ としてRF周波数を109 MHzとし、タウシェック寿命が十分長くなるように加速電圧は20KV以上とした。

以上のことにより周長11m、セル数2、直線部2.34m(4m、5m~可能)のFEL-CCリングを設計した。図2に1セルの軌道パラメータを示す。表にFEL-CCリングのパラメータを示す。

TABLE MACHINE PARAMETERS OF FEL-CC RING

BEAM ENERGY (MAX ENERGY)		150 (250) MeV
CIRCUMFERENCE		11 m
AVERAGE RADIUS	R	1.75 m
BENDING MAGNET	No.	4
	RADIUS OF CURVATURE	0.5 m
	FIELD STRENGTH	10.0 (17.0) kG
QUADRPole MAGNET	No.	10
	LENGTH	0.12, 0.15 m
	FIELD GRADIENT	0.99, -1.03, 0.97 kG/cm
LONG STRAIGHT SECTION	No.	2
	LENGTH	2.34 m
BETATRON NUMBER	$\nu_x$	2.26
	$\nu_y$	1.11
RF FREQUENCY		109.1 MHz
RF VOLTAGE		$\geq 20$ kV
HARMONIC NUMBER		4
MOMENTUM COMPACTION FACTOR		0.11
RADIATION LOSS		$9.0 \times 10^{-2}$ keV
PRESSUR		$1.0 \times 10^{-9}$ Torr
RADIATION DUMPING TIME	$\tau_x$	43.2 ms
	$\tau_y$	26.6
	$\tau_E$	11.2
NATURAL EMITTANCE	$\epsilon_x$	$1.44 \times 10^{-8}$ mrad
	$\epsilon_y$	$1.44 \times 10^{-9}$
BEAM CURRENT		$\geq 200$ mA
BEAM LIFE TIME		$\geq 45$ min